

電気自動車(EV)ビジネスの差別化要因と方向性について

Differentiation Strategies for the Electric Vehicle (EV) Business in Japan

平井 久之 (新聞社経済部)

Hisayuki, HIRAI (Economic News Department, Newspaper Co.)

二酸化炭素(CO₂)の排出抑制政策や石油資源の枯渇懸念を背景に、走行中に二酸化炭素を全く排出しない電気自動車(EV)が、クリーンな移動手段として注目を集めている。国内外の大手自動車メーカーのみならず、中小企業や新興企業を含めた新規参入の動きや、関連産業の新たな動向には枚挙にいとまがなく、市場の勃興期特有の混沌とした状況が続いている。ただ、新たな市場ゆえに、今後の成長に向けて、どのようなビジネスモデルが有効なのかという観点での研究は、いまだ少ないのが現状である。構造が簡易なEVは、内燃機関(エンジン)を動力源とした既存のガソリン自動車(GV)に比べて中小企業の参入が容易と言われ、今後の急速な普及とそれに伴う既存の自動車産業への影響が予想されるなかで、事業戦略の方向性を考察することは有意義と考える。本研究では、勃興しつつあるEV市場で、主要な大手自動車メーカーの事例のみならず、いち早く事業化に取り組んでいる国内外の中小・新興企業の事例を検証した。その結果以下のことがわかった。【1】日本の大手メーカーは、EVの基幹部品である蓄電池(二次電池)を自社グループ内、あるいは提携先を含めた企業連合の内部で独占的に生産・調達するビジネスモデルを構築して、蓄電池の性能を差別化の中心に据えている。しかし電池が非常に高価なため、全体も高価格となってしまう(専用電池高度化戦略)。【2】日本の中小企業や海外企業は、心臓部と言える蓄電池の性能をさほど重視せず、低価格電池で価格を下げ、デザインや制御など独自の分野で差別化を図る特徴的な事業展開をしている(非電池戦略)。こうした発見を踏まえ、電池を付加価値の中心に置かない中小・ベンチャー企業でも十分な発展可能性があるのではないかと仮説に基づき、車両の性能では限界もある中小・新興企業の事業モデルが、競争優位を確保しうるかどうかを考察した。また、近年注目されているEVのまちづくりへの応用・活用の可能性についても合わせて考察した。その結果、**1) コスト論・価格論**：高性能電池は高価なため、それを低価格化する中小企業・海外企業の戦略は成立する可能性がある、**2) 交換論**：かならずステーションに帰還する業務用車については、電池は取り替えのカセット(交換)方式が成立する可能性がある。これはベタープレイス社や富士タクシーの独自事例から検証できる、**3) 交通需要論・マーケット論**：一回の走行距離の需要は、調査から大半が20キロ以下であり、特に、マイカーでも通常の買い物や駅までの移動や、ステーションに回帰する業務用車などの日常用途の大半は、短い走行距離のもので十分である、などの点がわかった。この結果、大手メーカーの事業戦略でも、高性能と低価格を両にらみにした「デュアルモデル」を採用すべき可能性が示唆される。EVの本格的な普及は、日本経済の屋台骨と言える既存の自動車産業に大きな構造転換を迫る「EV革命」を引き起こす可能性が高いと考えられ、日本の基幹産業に与えるインパクトは大きい。また、EVの基幹部品である蓄電池は、現状では日本が競争力を維持する産業分野の1つだが、海外勢の追い上げなどで優位性は揺らいでおり、蓄電池を核とした日本の自動車メーカーの戦略を今後も維持できるかどうかは予断を許さない。こうした観点から、EV革命を見据えた日本の問題点を検討した。技術的には、現在のGVは日本が強い「擦り合わせ」「垂直統合」型であるにもかかわらず、EVは日本が強みを発揮しにくい「モジュール」「水平分業」型となり、しかも部品点数が非常に少なくなり、日本が比較優位をもともと構築しにくい特性がある。また、デジタルカメラの登場でフィルムカメラが市場から駆逐された「デジカメ革命」など、他産業を教訓にすれば、旧産業バイアスをもつ予測より、実際の変化は早まる可能性が高く、エレクトロニクスメーカーの参入が示唆される。これらの今後予測される事業環境を踏まえ、最後に自動車産業の今後の方向性として、EV産業の新たな事業戦略の考察を試み、研究を踏まえて日本企業が目指すべき新たな事業モデルを示した。つまり、日本の戦略としては、(1) 正攻法としての電池高度化戦略(現在の大手メーカー)に加え、(2) 制御系・インフラ(電圧制御、充電設備、都市全体の最適化)を同時に売る戦略、(3) デザイン高度化戦略、(4) 航空機部品市場への転換戦略、などが考えられることを示した。

キーワード：電気自動車、蓄電池、新興企業、デュアルモデル、モジュール化

Keywords: Electric Vehicle (EV), Rechargeable Battery, Start-up Companies, Dual Approach, Modularization

第I章. 電気自動車(EV)とは何か

1. EVの歴史

(1) 前史

電気で自動車を動かすという発想は決して新しいものではなく、100年余りの歴史がある。蒸気機関の次に実用化された動力源は電気であり、19世紀の後半にはEVが実用化されていた。森本(2009)によれば、最初の実用的なEVは1873年の英R. ダビッドソンによる4輪トラックの発明と言われており、これはダイムラーやベンツによる内燃機関車(ガソリンエンジン車)の発明(1884年)に10年以上先だった。1900年前後がEVの全盛時代とされニューヨークのタクシーは当時すべてEVだった。1909年にエジソンが発明したニッケルアルカリ電池を搭載したEVは走行距離が160kmを達成した。

一方で、長い距離を走ることができる自動車の動力源としてエンジンの高性能化が進んだ。大きな転換点となったのは、1908年のT型フォードの量産開始であり、その後、自動車の動力源としてエンジンが主流となっていく。特に、国土が広大なアメリカではEVの航続距離の短さがネックとなり、一度は衰退したが、その後も1940年代後半から1950年代の第2次大戦後の燃料不足の時代、1960年代に大気汚染が問題になった時代など、時々時代背景で注目を集めて、EVが出現しては衰退する、という歴史が繰り返された。国内では、第2次世界大戦後のガソリン統制による燃料不足を背景に電気自動車の開発が進み、いくつかのEVが販売された。日産自動車の前身・東京電気自動車製の「たま」は4.3kwのモーターを搭載し、最高速度35km、一充電の走行距離は200kmを誇り、累計1000台以上が生産されたといわれている。しかし、朝鮮戦争の勃発に伴う米国による産業資材の買い占めで鉛価格が8~10倍に高騰したことや、ガソリン統制解除で燃料の入手がしやすくなった事などにより、やはりEVは普及せずに姿を消した。開発途中のEVも多かったと言われている(大久保2009)。

(2) 第1次EVブーム(1970年代) - オイルショック主導

オイルショック(1970年)前後には、原油依存に対する危機感や自動車の排気ガス中の有害物質の規制が本格化した事などを契機にGVが問題視されることになり、EVへの注目が再び集まった。通商産業省(現・経済産業省)も1971年から5か年計画で、都市交通用EVの研究開発を進めた。通産省の旗振りで、ホンダを除く各メーカーが開発に取り組んだが、当時の蓄電池は鉛バッテリーが中心であり、技術的に限界があったことや、オイルショックの終焉で開発は立ち消えになった。

(3) 第2次EVブーム(1990年代初頭) - 「ZEV法」主導(アメリカ中心)

1990年代にトヨタやホンダ、日産はEVを開発し、アメリカ向けに輸出していた。また、日本でもリース販売していた。背景には、1990年に、米カリフォルニア州が、当時販売シェアの高かった大手メーカー7社に対し、1998年以降は一定割合(2%)の「ZEV(Zero Emission Vehicle=有害な排気を全く出さない車)」の販売を義務付けるとした「ZEV法」を施行したことがある。ゼロエミッションを可能にする技術は当時、EVしかなかったため、90年代中頃以降、各社からEVが発売された。トヨタの「RAV4 EV」(460万円程度)、ホンダの「EV Plus」(初期のリース販売で登録手数料、メンテナンス費用込みで月額26万円)、日産の「アルトラEV」(日本名:ルネッサEV)、フォードの「レンジャーEV」、GMの「EV1」などである。蓄電池にはニッケル水素電池やリチウムイオン電池を搭載し、モーターの技術革新などで大幅に性能が向上していたが、それでもガソリン車とのコスト差は大きく、製品供給もリース販売が中心で、普及には至らなかった(森本2009)。(1990年に松下電池工業と三洋電機(いずれも社名は当時)がニッケル水素電池を世界で始めて商品化し、90年代の第2次EVブームの際にはニッケル水素電池を搭載したEVも登場した。ニッケル水素電池の開発は、1997年の世界初の本格的なハイブリッドカー・トヨタ「プリウス」の誕生にもつながった。)

(4) 第3次EVブーム(2000年代後半～現在)ーリチウムイオン電池主導

今回の「EVブーム」は、地球温暖化問題を背景にしたCO2削減の流れ、低炭素社会の構築など大きな社会的な潮流があるだけでなく、技術革新があり、実用化が現実のものとなってきたという状況があり、過去の2度のブームとは背景事情が異なっていると言える。具体的には、①1点目は、軽量で大容量のリチウムイオン電池が自動車用として実用の段階に入ったという技術革新(1991年の日本のソニーによる実用化)があったことが挙げられる。これによって、②2点目に、この技術革新により、日本では2009年から三菱自動車から市販のEV「i-MiEV」(軽自動車)、2010年には日産自動車から「リーフ」(小型車)が発売されるなど、国内外で大手自動車メーカーが本格的に量産の体制に入ったこと。③3点目に、海外でもEV量産・開発の動きが盛んになっていること、がある。第1次・第2次ブームと異なり、EVがいよいよ本格的な実用化・普及の時代に入る可能性が高く、注目されているのである。

2. EVのメカニズム(構造)

(1) EVとGVの違い

EVとは、電気をエネルギーとして走る車である。動力源がGVのように内燃機関のエンジンではなく、蓄電池でモーターを駆動し、動力とする自動車だと定義できる。それ以外の部品が全てGVと共通という訳ではなく、EVの構成要素は、①電池と車載充電器などのエネルギー源、②モーターと、制御装置で構成されるパワーユニット、③モーターの動力をタイヤに伝達するドライブトレイン、に大きく分けられる。

1) **非常に少ない部品点数**：加速・減速は制御装置であるインバーターによってモーターの回転数を変えることで行うため、GVに比べて、複雑なトランスミッション(変速機)やラジエーター(冷却装置)などが不要であり、構造は単純となる。GVは、エンジンだけで部品点数が1万点を超え、全ての部品点数では2～3万点に上る。これに対し、EVの構成点数はGVの3分の1程度とされている(日本自動車工業会ホームページ)。

2) **レイアウトフリーに**：さらに、このような特徴から、デザインの自由度もGVに比べて高いのも特徴となっている。

(2) EV用の蓄電池

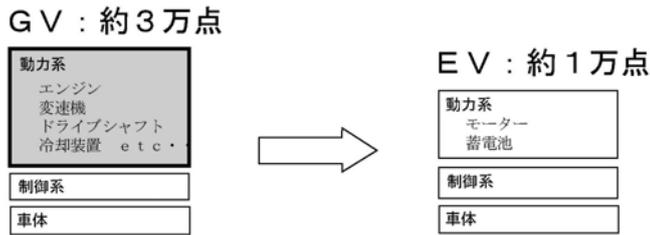
①**EVの電池には大きな制約がある**：EVにおいてエネルギー密度は航続距離、出力密度は加速・減速の性能に影響する。価格の安さから鉛電池は現在でも電動車両全般に広く使われているが、その一方で重量が重く内部抵抗は大きく、充電・放電の効率もよくないため、走行性能上に大きな制約がある。

②**本命はリチウムイオン電池だが価格が高い**：現状では、軽量で高出力のリチウムイオン電池が自動車用途としては最適であるが、最大の問題はその価格の高さである。例えば三菱自動車のi-MiEVの場合、車両価格約400万円のうち、半分は蓄電池(リチウムイオン電池)の価格とされている。図1にi-MiEVを例としたEVのコスト構造の概念図を示した。

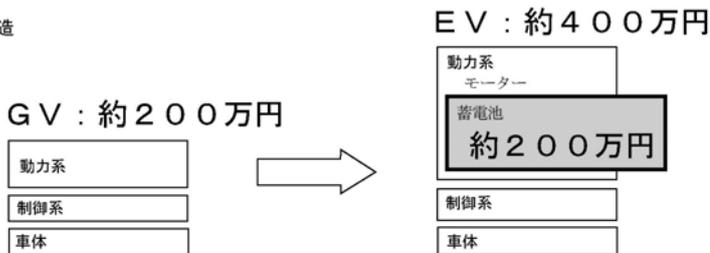
③**充電問題**：充電装置と車両の接続には、接触方式と、非接触方式がある。接触式は、車両にコネクタを介してケーブルで直接つなぐ方式であり、非接触式は、給電側・受電側を、電磁的に結合する方式である。充電方式の規格の標準化などは、日本メーカーがEV市場での主導権を握るための今後の重要なテーマの1つではあるが、本稿では詳述しない。

E Vの構造図

(1) 部品点数構造



(2) コスト構造



■図1：大手メーカーのEVのコストと部品数構造の概念図

3. EVの今後の課題の3点

それでは、今後の普及に向けた課題とは何だろうか。この点については、一般的に、①電池の価格の高さに由来する「車両価格の高さ」、②電池の性能に由来する「航続距離」、③電池容量によって制限のある航続距離を補完するための「充電設備」（インフラ整備）、の3点が挙げられる。このように、EV普及に向けた3つの課題は、いずれもEVの基幹部品である「蓄電池」に起因する問題であると言い換えることができる。

4. EVにおける電池の位置付け — なぜ重要か？

上記では、EVの普及を目指すうえで課題となる3つの問題は、いずれも蓄電池に起因することを指摘した。つまり、蓄電池は車両の性能を左右するキーデバイスであると同時に、将来的にEVの実用性をさらに高め、本格普及に繋げていくカギを握る存在であると言える。また、従来のGVは燃費や速度など性能向上の大部分は、エンジン性能の改良によるところが大きかった。これに対して、EVで動力源となるモーターはほぼ完成された技術であり、大手企業が手掛けるEV用の製品であれば、大きな性能の差異は生まれない。その意味でも、未だ技術革新の発展途上にある蓄電池の性能がより重要であるとも言える。言い換えれば、GVがエンジンで担ってきた性能向上の役割を、EVは蓄電池で担っていることになり、EVでは「電池＝中核部品」という捉え方もできるだろう。日常的に自動車を使うにあたって、不都合を生じない走行性能を確保しようとすれば、一定程度の航続距離が必要になることは既に述べた。その性能を確保するには、蓄電池の性能が極めて重要になるのは当然である。先述したように、過去にEVが実用化に至らなかったのは、基幹部品である蓄電池の性能の低さが大きな要因だった。だが、鉛蓄電池からニッケル水素電池などの技術革新を経て、現在主流のリチウムイオン電池は飛躍的に大容量化（エネルギー密度の成長）を果たし、自動車の動力用としてのレベルに達した。現状でEVの性能を電池の性能が左右するなかで、EV開発にしるぎを削る大手自動車メーカーも蓄電池メーカーの囲い込みを図っているのが現在の業界地図である。

第Ⅱ章. 大手メーカーのEV戦略（略）

第三章. 中小・新興企業の事例からみえてくるもの

大手メーカーの動向とは一線を画し、国内外でEV開発に取り組んでいる中小・新興企業の事例は実に多い。とりわけ海外では、EV開発の先頭を走っているのは大手メーカーではなく新興企業が中心である。これは、大手自動車メーカーを頂点としたピラミッド型の産業構造が構築され、中小・新興企業が表舞台で存在感を示す場面は少ない日本の自動車業界とは、かなり様相を異にしている。EVが、モーターやバッテリーなど主要部品を組み合わせで生産できるモジュール型の産業であることはよく指摘されるところだが、筆者は中小・新興企業に特有のビジネスモデルが存在すると考える。そこで本章では、国内外でEV事業を手掛ける中小・新興企業の事例を通し、大手とは異なるビジネスの特徴の整理と分析を進める。

1. 国内の事例

(1) ゼロスポーツ (略)

(2) 京都EV開発

京都EV開発は、所在地は、京都府城陽市長岡京市にある。大手フォークリフトメーカーN社に約40年間勤務したO氏が、定年退職後2008年7月、資本金777万円で起業した会社である。主な業務内容は、①交換式(カセット式)リチウムイオン電池の開発・販売、②小型電動自動車REVAなどの代理販売、③モーター・制御機器の販売、④充電器の販売、である。関西の中小企業による「あっぱれEVプロジェクト」でバッテリーや部品の供給など中核を担ったのは、京都EV開発だった。社長のO氏は、ソウルオリンピックのマラソンのテレビ中継車用として、韓国の自動車メーカー「起亜産業」が市販のマツダ・ボンゴ5台をEVに改造する作業に関連して、N社側の責任者として電装品の仕様決定などに携わった経験もある。1970年代に、京都市営バスの一部路線で、電気バスを運行させる実験が行われた事があった。この際に、バスの駆動用バッテリー(電池)交換システムを担当したのもN社であった。2010年4月に米国のベタープレイス社が東京で「世界初のバッテリー交換方式のタクシーを運行開始」として話題になったが、同じようなシステムが、はるか以前に関西にあったことになる。その先駆性は、注目に値する。

O氏によれば、N社は、EVが現在ほど注目される以前から、EVの事業化を目指して社内で検討を続けてきた。1966年には三菱自動車の軽乗用車「ミニカ」に、車載用の鉛バッテリーを搭載し、モーターで動くEVを試験製作しているなど、長い技術の蓄積がある。こうした背景には、N社が手掛けるフォークリフト自体が、バッテリーとモーターで動くEVであり、基本を構成する要素技術は同じで、フォークリフトの電装品もそのままEVに流用ができるなど技術面の親和性が高いためだったという。

京都EV開発の強みは、前述の①のリチウムイオン電池の開発・調達力と言える。リチウムイオン電池そのものは、同社のような小規模事業者では生産できないため当然ながら外部調達が必要になる。O氏はN社在籍時に築いた人脈と製品知識で、韓国のバッテリーメーカーから汎用品を独自に調達し、バッテリーを制御するコンピュータ部品を自社で組みあわせて、独自のカセット式リチウム電池商品に仕上げている。1個の定価は約25万円である。

ヒアリングでは、今後、日本メーカーがどのようなEV戦略を取るべきか、O氏の考えを聞いた。①O氏の考えでは、大手メーカーのように大量生産のEVを手掛けるならともかく、日本の後発メーカーがゼロからEV生産に乗り出すのは得策ではない。O氏の経験から言えば、「月産100台規模の工場があれば、一括発注によって出力1kw程度の性能モーターと制御装置なら1個あたりわずか1~2万円で調達できる」と

いい、結局はEV生産でも「コスト面では中国や台湾勢に勝てない」からだという。O氏は、車両の製作で差別化するには、速度など高機能を追及した車両か、機能を抑えて1～2人が手軽に乗れるタウンカーといった分野ではないか、と指摘した。②また、中小が目指すとすれば、デザインか、制御機器や充電装置などの周辺・部品部門、あるいはメンテナンス事業もビジネスとして成立しやすい可能性がある。③高齢化社会で高齢者用の車のニーズは出てくる。体の一部が不自由な人向けにカスタマイズしたりするのは、中小が得意な分野と考えられる、などの指摘もあった。

京都EV開発の特徴は、自らEVを開発・販売するのではなく、韓国など海外から調達したりリチウムイオン電池に独自の制御技術を加えてカセット式に改造してオリジナルの商品とし、EV開発事業者に販売している点である。調達電池制御の技術を強みにしている点は、今後の中小企業のEVビジネスを考察する上で示唆に富んでいる。また、自動車用の大型蓄電池を自前で調達しにくい日本の中小企業にとって、EV用に開発した電池の供給でもビジネスモデルとなりうる事例でもある。

(3) ユアサM&B+光岡自動車プロジェクト

1994年11月に設立したユアサM&Bは、ユアサ電池（現GSユアサ）の販売会社の取締役だった松田憲二氏が、「企業内起業」で部下約40人を率いて独立した「社内ベンチャー」である。本社は大阪市中央区淡路町にあり、従業員数は約120人、資本金5000万円、年商約50億円である。

光岡自動車は1968年に創業した。本社は富山市掛尾町で、従業員580人、2009年9月期の年商は275億円となっている。1994年にロータス社のスポーツカー「スーパーセブン」に似たデザインの「ミツオカ ゼロワン」を発表し、日本で10番目の国産自動車メーカーとなった。その後は「凌駕（リョーガ）」「我流（ガリユウ）」など、量販車をベースにして、外装を個性的なデザインに仕上げる車両の生産を続け、2006年には初の自社開発車である「大蛇（オロチ）」を発売した。エンジンはトヨタ・レクサス用を転用し、車両価格は約1000万円だった。光岡自動車のビジネスモデルの最大の特徴は、「ファッションカーメーカー」を標榜し、一般の市販車では難しい独自性あふれるデザインの車を生産している点にある。車体の材料であるFRPの成形や鋼板のたたき出し、溶接や接合などの作業は職人たちが手作業で行うため、大量生産は難しい。差別化の源泉はその独特のデザインである。

2010年4月、光岡自動車とユアサM&Bは、三菱自動車のi-MiEVをベース車両にしたデザインを重視したEV「雷駆（ライク）」を発表した。これは、i-MiEV（398万円）に、グラスファイバーで成形した光岡自動車製のフロントバンパーなどを取り付け、車両価格は改造費30万円を加算した428万円とした。補助金114万円を差し引くと、実質314万円で購入できる。基本性能はi-MiEVと同じだが、i-MiEVが4人乗車の軽自動車なのに対して、後部座席を拡幅することで5人乗車とし、小型自動車登録している特徴がある。2010年9月下旬に発売され、ヒアリングを実施した8月時点で、既に法人などから予約が30～40台入っており、2010年度に200台程度の販売を計画する。

GVをEVに改造する「コンバートEV」はいずれ軽自動車や小型車なら100～200万円で作れるようになる。また、希少価値のある旧型車をコンバートEVで復活させるビジネスも可能とみている。例えば、名車として名高い「トヨタ2000GT」なら1000万、2000万円でも売れる可能性がある。また、M氏はコンバートEVなどを生産するうえで重要なのはコントローラー＝制御系の技術だと指摘する。例えば、下り坂で充電するときに蓄電池に過充電が起こらないようにする技術などが代表例だという。既にEV関連では、米国製モーター（40～50万円）や充電器などパーツ販売を手掛けており、こうした事業をベースに改造EVのビジネス化を目指すという。

(4) Takayanagi

自動車部品の木型などを手掛ける「Takayanagi (タカヤナギ)」(静岡県浜松市西区)が2010年12月1日、1人乗りの超小型EV「Miluira (ミルイラ)」の受注発売を開始した。ミルイラのコセプトは「ニュークラシカルデザイン」で、往年のクラシッカーのような外観ながら本格的な4輪独立懸架による走行安定性と静粛性に優れる。浜松の中小企業約20社が協力して、モーターなど部品の大部分を自社開発したのが特徴である。平成20年にはNPO法人HSVPを立ち上げ、浜松が誇る技能・技術の保護と継承、雇用の創出、地域産業の発展に寄与できるよう、「made in 浜松」をコンセプトとして使用する部品の100%浜松産を目指し参加企業間での部品開発・情報の共有を行なってきた。現在、「Miluira (ミルイラ)」の製作部品に占める割合の約90%が日本国産その内約60%が浜松産で構成されており、金額ベースでは95%以上が日本国内に支払われ、その内80%程度が浜松に支払われている(抜粋はホームページ)。

ミルイラは100Vの家庭用電源で充電ができる鉛充電池(米国製)を積み、航続距離は、満充電で35kmしかない。充電時間は12時間、価格は630万円で完全受注生産とし、年間20台を生産する計画である。登録上は原動機付き自転車(ミニカー)だが、運転には普通免許が必要となる。アルミ素材の車台や、ケースに炭素繊維を採用したモーターなども自社で開発した。

Takayanagiによるミルイラ製造の取り組みに関しては、いくつかの特徴を指摘できる。1つ目は、従来の自動車製造を下支えしてきた周辺関連産業の衰退と危機感がEVの事業化の背景にあるということである。2つ目は、中小企業の技術を結集し、浜松の中小企業だけで製造できる小型EVを目指したという点である。大阪の中小企業によるEV製造「あっぱれEVプロジェクト」の考え方に通じる。また、EV製造で地域産業の発展を狙う点については、愛媛県EV開発センターの取り組みと狙いは同じである。

2. 海外の事例

(1) テスラ・モーターズ (アメリカ)

テスラは、2003年、シリコンバレーの技術者を中心に設立された新興自動車メーカーで、本社はカリフォルニア州パロアルト市に置く。社名は19世紀後半に交流モーターを発明したニコラ・テスラ(1856~1943)にちなんでいる(同社ホームページ)。

事業を電気自動車に特化し、2008年に2人乗りスポーツカー「テスラロードスター」を発売した。英ロータス社のGV「ロータス・エリーゼ」を改造した車両で、最高時速200km、1回の充電で走れる距離は394kmと高性能を誇る。ロードスターはテスラ本社から車で約10分の距離にある工場、手作りで生産されている。ロードスターの価格は10万ドルと高額だが、欧米を中心に累計で約1300台の販売実績があり、テスラは2010年5月に日本に進出し、販売を開始した。日本での価格は1280万円から、と設定された。ロードスターの最大の特徴は、搭載する動力源の電池に、ノートパソコンなどに使われる汎用の円筒型リチウムイオン電池(18650型リチウムイオンセル)を使っていることである。18650型を縦(直列)に99個、横(並列)に69個で、合計99×69=6831本組み合わせると高出力を得ており、電気自動車用の専用蓄電池を使う大手メーカーのEVとは開発思想が根本から異なる。18650はノートパソコンのほかデジタルカメラ、LED、フラッシュライトなど民生用電子機器に広く使われている業界標準品(デファクトスタンダード)である。通常のEVは、1つ1つが大容量の蓄電池を搭載し、バッテリーの数をなるべく少なくする設計が一般的とされる。数が少なれば品質確保や生産効率の面で有利になるからである。だが、テスラは小型の蓄電池を大量に組み合わせる全く逆の方式を採用している。

蓄電池の性能を向上させるため電池を大容量にするほど、爆発などの危険性が高まり、これを抑える開発コストや時間が膨大になる。だが、小型の蓄電池を大量に組み合わせれば、1個1個の蓄電量が少ないため、

万が一爆発しても危険性は軽減される。1つの電池に異常が発生しても他のバッテリーに影響が連鎖しないように制御ができれば、損傷は小さくて済むのである。このバッテリー制御の考え方は、ノートパソコンの熱制御の技術から生まれたという。搭載する電池は、複数の電池メーカーから供給を受け、自らの技術で電池をパックする事業戦略を取っている。以上小活すれば、テスラのビジネスモデルの最大の特徴と強みは、電池の制御技術にあると言える。そして、今や大手自動車メーカーもその技術の供与を受けるまでの存在になっている。

(2) REVA (レーバ、インド)

REVA (REVA Electric Cars Limited、レーバと読む) は、インド・バンガロールに本拠を置く「自動車メーカー」で1995年に設立した。日本では、ミニカー製造会社・タケオカ自動車工芸(富山市)がREVAを輸入販売している。タケオカ自動車工芸のホームページによれば、ベースモデルの「REVA i」(英国名はG-Wiz)は鉛蓄電池を搭載し(本国にはリチウムイオン電池仕様もある)、誘導モーターという安価なモーターを採用している。最高速度は時速80kmで、一回の満充電での航続距離は85kmと短いが、「タウンカーとして十分満足できる数字」としている。全長2.63m、全幅1.32mとコンパクトながら4人が乗車できる。充電時間は100Vだと8時間、200Vだと5時間。車両価格は、207万9000円であり、日本では、軽自動車として登録できる。

(3) CT&T (韓国)

韓国「CT&T」は、現代自動車出身の李英基社長を中心に、現代自動車の退職者らが2004年に創業したベンチャー企業であり、約360人の従業員がいる。2005年にゴルフカートの量産を開始し、2008年にEVの量産を始めた。ゴルフカートをベースにした2人乗りの低価格車両が最大の特徴で、外装パーツはプラスチック製という特徴をもつ。

バッテリーに安価な鉛電池を選択すれば、車両価格は174万8000円まで下がる。政府補助金を使えば100万円を切ることも可能になるという。鉛電池仕様車は、充電時間は6~10時間で、1充電当たり走行距離は50~70kmの性能をもつ。高価なリチウムイオン搭載車では車両価格は225万7000円、走行距離は100~110kmである。リチウム、鉛いずれも、エアコンはオプション(25万5000円)となっている。CT&Tの事業モデルで特徴的なことは、鉛電池仕様車の一部で、100台限定で蓄電池のレンタル方式を選択できるようにしたことである。2010年8月6日付の同社のプレスリリースによれば、購入者は蓄電池のレンタル料を支払うことで、使用期間中の蓄電池のメンテナンスや交換の保証を受ける。毎月のレンタル料の中には、メンテナンス費用やバッテリー交換費用(必要な場合)が含まれる。利用者は、レンタル料を支払うことでより安心して電気自動車を使うことができる、とうたっている。こうしたシステムの自動車販売は、日本では他に例がない。レンタル方式の場合は、バッテリー込みの車両本体価格(163万円)が98万円となり、別途バッテリーのレンタル料が月9400円かかる。

第V章. EV産業における「脱」電池モデルの考察

1. 大手と中小・新興企業の戦略の違い

(1) ビジネスモデルの違い

国内外の中小・新興企業が展開しているEV事業の実態を比較した結果、何点かの興味深い共通点が発見された。まず、大手メーカーが蓄電池を内製化、あるいは企業連合の中で調達し、差別化の核としている事に対して、中小・新興企業は大きな共通項として蓄電池を外部調達している点が極めて明確な特色だと指摘

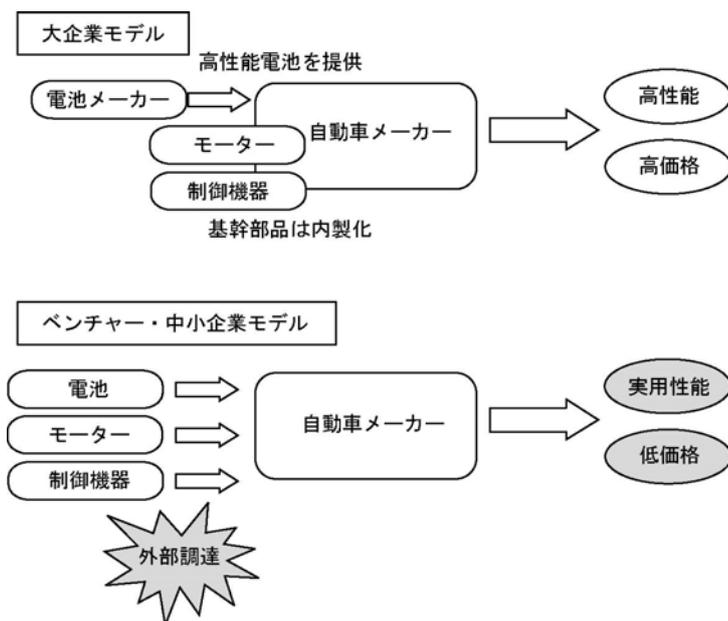
できる。これは中小・ベンチャーが、大手メーカーのように高性能な自動車用蓄電池を調達するのが難しく、電池の性能に依存できない事の裏返しと言える。中小・新興企業がEVの量産を始めている海外の事例としてインド・REVAや韓国・CT&Tがあるが、これらの企業の事業を通して分かることは、車両全体の価格が安い一方で、航続距離が短いなど性能は劣っているという事である。いずれも一部のモデルを除いては、入手がしやすく安価な鉛電池を蓄電池に使用しており、CT&Tではリチウムイオン電池搭載車（225万円）と鉛電池搭載車（174万円）でおよそ50万円の価格差がある。

こうした事実からは、これらのメーカーは電池を安上がりにして性能を割り切ることで、車両価格の軽減を実現しているとの推論が成り立つ。つまり、こうした低価格車を売り物にするメーカーは、EVに必須と考えられるリチウムイオン電池にこだわらず、安価な代替電池を採用することで、EVにとって大きな課題である価格の問題をクリアしていると言える。各中小企業・海外企業のこうした電池の値段の正確なデータを得ることは難しいが、中小企業・海外企業は、①トータルの価格が安い、②走行距離が短い、③高価なりチウムイオン電池でなく、鉛電池などを使っている、という製品の実態から、安い電池を使って全体の価格を押し下げるとい戦略をとっていると推定できるのである。

事例からは、日本の中小・新興企業が電池に依存せずに事業を展開していくうえで、有効なビジネスモデルとしては、以下のようなものが考えられる。①改造車戦略、②デザイン戦略、③制御・技術戦略、④リース戦略（電池交換システム）。

（2）差別化のポイント

大手電池メーカーが自動車用に専用設計した高性能な蓄電池を、原則として特定の相手先にしか供給していない現状では、新たにEV市場に参入しようとする中小・新興企業は、汎用の蓄電池などを活用せざるを得ないことは、繰り返し述べてきた通りである。電池調達問題の解決には海外製の電池を活用する方法もあれば、テスラ・モーターズのようにノートパソコン用の汎用電池を組み合わせて車載用の電源にするという方法もあるが、いずれにせよ、既に述べたように電池の性能が車の走行性能の多くを決めてしまう現状では、大手自動車メーカーに性能・価格両面で中小・新興企業が上回るのは難しく、結局、車両の走行距離や最高速度といった「スペック」以外の部分で、差別化の要因を訴求することになる。こうした事が、大手や中小企業のビジネスモデルの違いを生んでいると考える。



■図2：大企業モデルとベンチャー・中小企業モデルの概念図

(3) 競争優位は確保できるか

需要の拡大に伴う電池生産量の増加は同時に、量産効果による価格の低減をもたらす。経済産業省によれば、民生用リチウムイオン蓄電池では過去5年間で価格が約2分の1に、10年で約4分の1に下がった。経産省が2006年に策定した蓄電池研究開発目標によれば、2006年を1とした蓄電池のコストは、2015年に7分の1、2030年に40分の1という数値を掲げており、いずれ劇的な価格低下が進むことは間違いない。蓄電池の価格が下がればEVの車両価格の値下がりも期待され、EVの普及を後押しするという意味では歓迎すべきことだろう。

一方で、日本が成長分野と位置付ける蓄電池産業において、今後の市場の成長市場を見据えて、アジア勢による新規参入や大規模な設備投資で国際競争が激しさを増しているのもよく知られる所である。

EVの基幹部品と言える蓄電池が国際競争力を保っていられれば、日本のEV産業も同様に優位性を維持できると言えるが、現実には中国のBYDや韓国のサムスンSDIなどのアジア勢が、日本の電池メーカーを技術面で猛追し、量産効果で価格競争力も高めている。今後の国際競争の激化で、ライバル国と電池の技術差が縮まり、価格が大幅に低下した場合、大手自動車メーカーのEV事業は競争力を維持できるだろうか。
日本製と変わらない高性能の自動車用の蓄電池を、安価に、かつ容易に調達できるようになり、一定の性能水準を満たしたEVを簡単に作れるようになる事を前提にした場合、蓄電池に依って立つ現在の日本の大手メーカーのEV戦略は、果たして唯一の方向と言えるだろうか。

前章までに、海外企業など外部から調達した蓄電池を使ってEVを生産するケースや、性能を抑えながら価格の安さを追求しているケースなど、日本の大手メーカーとは異なる戦略でEV事業を展開する中小・新興企業の事業モデルを分析してきた。大手メーカーは現状で蓄電池に軸足を置いた戦略を取っているが、今後、蓄電池の国際競争が激しくなり、日本の競争力が相対的に下がり、さらに韓国など海外メーカーのEVの性能が底上げされた場合に、現在のように蓄電池を軸にした「高価格でハイスペック」な日本の大手メーカーのEVは、現在のような競争優位を維持できない可能性がある。既に事業を展開している新興企業のように、低価格やデザインなど、電池とは別の差別化の要因を強みとする戦略に学ぶ点が多いのではないだろうか。そこで、本章では、EVを巡る「価格・コスト論」、「交換論」、「交通需要論」の3つの観点から、電池のみに頼らないEV事業の成長可能性や市場への適合可能性について考察したい。

2. 価格論・コスト論

(1) 車両価格と性能の相関関係

本節では鉛電池を採用した車両、リチウム電池を採用した車両、それぞれの性能（走行性能）を比較することで、代替的な分析を試みた。価格はいずれもエコカー減税などを適用する前の定価ベースであり、走行性能はメーカーの公称値に基づいた。試作車と位置付けられる車両については、比較対象から除いた。比較の対象としたのは、量産車のうち価格の安い順にCT&Tの鉛電池車、REVA、CT&Tのリチウム車、ゼロスポーツ、日産のリーフ、三菱i-MiEV、テスラロードスターであり、「車両価格P」を縦軸、「走行距離D」を横軸に取り、分布図（図3）に並べてみると、車両価格と性能の間に一定の相関関係があることが分かる。光岡・雷駆はベース車両のi-MiEVと性能差は原則同じなので比較の対象から外した。

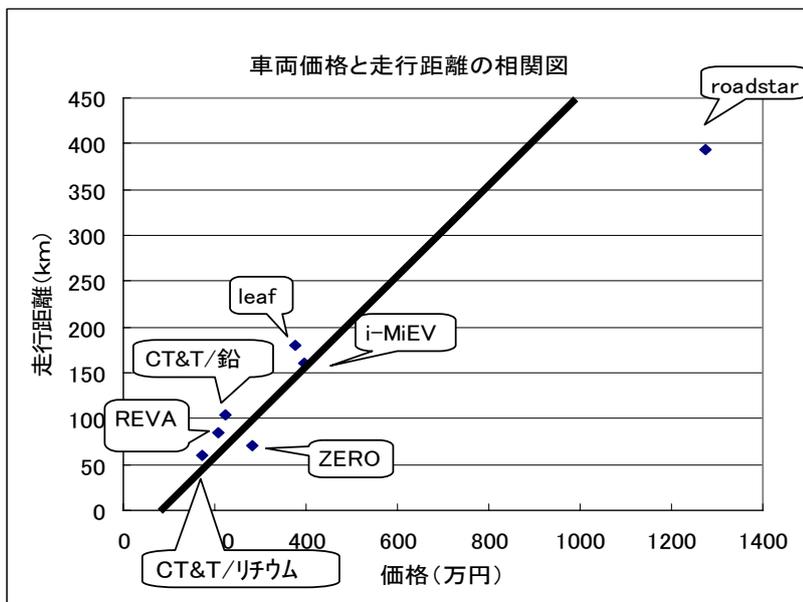
これを分析すると当然のことながら車両価格が上がると走行距離も上がる。3つのグループにわけられる。

- ◎「Aグループ（通常（低）価格、短距離）」中小企業や海外企業の戦略
- ◎「Bグループ（高価格、中距離）」現在の日本の大メーカーの戦略
- ◎「Cグループ（極めて高価格、高距離）」米テスラの戦略

このうち、テスラは特殊なため、それを除く通常のA+Bグループで、以下のグラフのように、回帰分析をおこなった。その結果は、以下の通りで、決定定数 ($R^2=0.76$) という良好な説明力で、1次関係

$$D = -19.0 + 0.465P = 0.465(P - 40.8)$$

が得られる。このことから、1万円上がるごとに走行距離は0.465 km伸びる、すなわち、2万円出せば1 km買えることがわかる。また、価格が40.8万円になるとき走行距離0になる。これは、電池以外のシャーシ(車体)の、大量生産車の価格に近づくとみられる。いずれにしても1 km当たり2万円とは、まだまだ高いといえるのではないだろうか。



■ 図3：車両価格と走行距離の相関図

1) EVのランニングコスト ～富士タクシーのケース

蓄電池の価格がEVの価格を押し上げている事は、事例研究などで繰り返し指摘してきた通りで、国内初の本格的な市販EVである三菱自動車「i-MiEV」については、蓄電池の値段が車両価格のおよそ半分を占める。エコカー減税などを適用してもなお、GVの2倍以上する車両価格は、現時点ではEVの普及で大きな阻害要因だと言えよう。

ただし、実際にEVの購入を検討する消費者にとってみれば、電池の性能が劣って多少走行距離が少なくても、ガソリンに代わる電気代などの維持費(ランニングコスト)や、総合的にみたトータル・コストの安さが重要なポイントになってくる可能性は十分にある。実際、性能だけでなく価格の安さを重視する消費者がいるからこそ、GVにおいて軽自動車の市場が一定の比率を占めているとも言える。

では、EVはGVと比べてどの程度、ランニングコストの優位性が認められるのだろうか。以下では、実際にタクシーに導入している「富士タクシー」(愛媛県松山市)の事例をもとに考察していく。富士タクシー(松山市)は2009年8月から三菱「i-MiEV」を使ってEVタクシーの運行を始めた。当時、EVをタクシーに採用する例は珍しく、全国的でも新潟県柏崎市に続き、西日本で初の試みだった。また、一時的な使用ではなく、EVを毎日のタクシーの営業運転に使っているうえ、それを1年以上にわたって続けている極めて稀なケースである。EVの実用性を検証するためにはこうした「生」のデータが欠かせないため、富士タクシーには、詳細な運行データを求めて国土交通省や経済産業省など中央官庁、三菱自動車や東京電力など大手企業からも問い合わせが絶えない。

富士タクシーの所在地は愛媛県松山市山越である。加藤忠彦社長と父親が、1976年に既存タクシー会

社を買収して設立された。年商3億円、従業員81人と、松山市のタクシー会社では中堅の規模である。タクシーに使用しているEVはi-MiEV1台で、2009年8月5日(タクシーの日)に運行を開始した。2010年7月、200Vの家庭用電源から給電できる中速充電器(200万円、工事費45万円別)を導入した。電池残量があれば20分充電でフル充電が可能である。2010年12月には、日産自動車のリーフも導入し、EVタクシー2台体制とする予定で、5年後をめどに30台程度を導入したいとしている。i-MiEVの走行距離はメーカー公称値で1充電160kmだが、タクシーで使ってみたところ実際の運行では80~100km程度で、エアコンを掛けるとさらに多くの電気を消費する。このため、富士タクシーはEVタクシーの運用において、街なかで不特定の乗客を探す「流し」ではなく、本社で待機し、配車予約を受けて出発するスタイルを取っている。遠距離を走って出先で電力不足になってしまうことを避けるため、予約受け付け時に乗客に行き先を聞き、おおよその距離を把握するという運用をしている。松山市内では現状、電気自動車用の急速充電器がないという事情もあるため、乗車が終われば本社の車庫に戻り、中速充電器を使って充電後、次の出車まで待機している。i-MiEVは軽自動車サイズで荷室が狭いなどタクシーとしてはデメリットもあるため、予約受付時には軽自動車サイズのEVで支障がないかどうか予約客の承諾を得ている。実際の乗り降りのしやすさに関しては、専用設計された車両に優位性があるが、乗客から特段のクレームはないという。自動ドア機構はないため、乗り降りの際にはドライバーがドアの開け閉めを補助している。このように、業務車は本社などを拠点として、充電ステーションに帰るスタイルを取れるためEVの導入に向いていると言える。

EVタクシーの2009年2月~8月まで7か月間の実車データは以下の通りである。出庫回数:計2441回(月平均348回)、走行キロ:計1万8809km(1走行平均で7.7km)、※月平均で2687km、納車後、累計で3万8000km。輸送人員:計3116人(1走行平均で1.27人)。また、「燃費」すなわちランニングコストの面では大きなメリットがあった。1km当たりの燃料コストを試算したところ、LPGは1km=7~8円に対して、EVは1km=1円25銭で、おおよそ8分の1だった。ガソリン車に対しては10分の1だった。富士タクシーがi-MiEVを導入した費用は、車両価格460万円から補助金109万円を差し引いた351万円だった。これに対し、一般的なタクシー車両では、例えばトヨタのタクシー専用設計の車両「クラウンコンフォート」が180~200万円のため、車両価格ではEVの方がおおよそ2倍高いことになる。ただし、燃料費が8分の1で済むことから、富士タクシーでは2年程度で初期費用を償却できると試算している。わずか2年で車両価格の減価償却が済み、燃料代(電気代)がLPGに比べ8分の1、ガソリンに比べて10分の1の富士タクシーの試算などを踏まえれば、ランニングコストが安いEVは、長く車両を維持すれば価格メリットは高まると言える。

2) 低価格を実現する「電池リース方式」 ~CT&Tのケース

タクシーのような営業車の場合は、日常的な車両の使用頻度、つまり走行距離が一般の乗用車と比べて圧倒的に長いため、走れば走るほどランニングコストの安さを享受できる。しかも業務用車は、定期的にステーションに帰れるので、充電も都合がよい。

一方で、「日常の移手段」という一般的な利用では初期投資の回収までに時間がかかるのは否定できず、EVの車両価格の高さがどうしても課題として残る。ただ、第IV章でみた韓国CT&T社のように、蓄電池をリースすることで車両価格を安く抑えるという販売手法も日本で登場しており、燃料代(電気代)が安いEVの強みが生きてくる。CT&Tは、一般的な軽自動車(ガソリン車)と、CT&T製のEVの購入価格・ランニングコストを比較した試算を公表している。これによれば、電池のレンタル方式を採用した場合のCT&TのEVは車両購入価格が98万円で軽のガソリン車(100万円)とほぼ同じで、燃料代を合算した

経費は、購入後ほぼ5年間で並ぶという。

2010年12月にEV「リーフ」を発売した日産自動車も当初、このような電池のリース方式を検討したとされるが、結局実現はせず、大手自動車メーカーは現時点でCT&Tのような販売手法は採用していない。初期投資の高さという課題をクリアするために、こうしたレンタル方式も1つの選択肢と言えるのではないだろうか。

3. 交換論 –ベタープレイスの事例から

本章までに、EVが普及するための課題は走行距離と電池の性能に起因する車両価格の高さ、充電設備の整備であることは繰り返し述べた。走行距離の短さを補完するためには、電池の性能を高めるか、一定の範囲に充電設備を数多く設置する必要が出てくる。

高性能な蓄電池をEVに登載出来ない場合は、充電の頻度を高めるという方法が有効だが、その一方で、京都EV開発がカセット式蓄電池を実用化しているように、充電済みの電池をあたかも乾電池を取り換えるように交換する「充電電池交換」も検討対象になりうる。以下では、電池交換方式を本格的に導入するための実証実験を続けている米ベタープレイスの取り組みから、電池交換式が充電式と比べてどれほどの優位性があるのかを検討する。業務用車両は、定期的にステーションに帰れるため、適用可能性はさらに高いと考えられる。

(1) ベタープレイス社の概要

ベタープレイスは、2007年10月に設立された米国カリフォルニア州に本社を置くベンチャー企業で、EVの充電インフラの整備を主な事業目的としており、EVメーカーではない。創業者は「石油依存からの脱却」を標榜する起業家シャイ・アガシ氏で社員数は約280人である。イスラエル、デンマーク、オーストラリア、日本に現地法人がある。日本法人のベタープレイス・ジャパン（東京都千代田区霞が関ビル30階）は2008年に設立され、ベタープレイス社が100%出資する完全子会社である。2010年10月のヒアリング時点で、社員数は数名で、収益は公表していない。

(2) EVタクシーの実証実験

1) 車両の概要：ベタープレイスは、東京の大手タクシー会社の「日本交通」と共同で、東京都内でバッテリー交換式のEVタクシー3台を、第一弾として2010年4月26日から7月末まで運行する実証実験を実施した。この実験は、経済産業省資源エネルギー庁の「平成21年度電気自動車普及環境整備実証実験」の補助事業だった。バッテリー交換式EVをタクシーの実際の業務に使う世界初の実験であり、実験に使ったEV3台は日産自動車の小型SUV「デュアリス」を改造し、EV製作ベンチャーの「東京アール・アンド・デー」（東京）が約3か月かけて4台を製作した。航続距離は、1回の満充電で約100kmの走行が可能だが、エアコンを使えば実質的には70～80km程度だという。4台あるEVの総改造費、モーターなどの個別価格は公表されていないが、蓄電池の価格は1台分が168万円という。交換用蓄電池は、アメリカの「A123」製のリチウムイオン電池（容量17kw）を使い、駆動用モーターは、米UQMテクノロジーズ社（コロラド州）製の「PowerPhase125型」を採用した。最高出力125kw（170ps）で、これまでEV用モーターとして1000台の販売実績がある。

2) 実験の概要：今回の実験では、六本木ヒルズに設けた日本交通の専用乗り場と、約2キロ離れた場所に「バッテリー交換設備ステーション（BSS）」を整備し、電池の交換時期や耐久性を検証した。乗車した運転手は約10人を選抜し、乗客からの質問にも答えられるように1週間ほど教育した。乗客の行き先が長距離の場合は、後方で客待ちをしている通常のLPGのタクシーに乗ってもらった。実際の運用方法のルールは以

下の通りである。3台のEVタクシーはBSSから約10km離れた品川営業所の車庫を午前8時に車庫出て、虎ノ門のBSSで1回目のバッテリー交換をする。そこから六本木ヒルズに行って待機する。乗客の目的地は多様だが、原則として一度乗客を送れば六本木ヒルズに回送車として戻ってくる。何回か営業運転をしたところで電池残量をみながらBSSに立ち寄り、再び電池を交換する。翌日、午前1時ごろにBSSで最終交換して午前2時ごろに品川営業所に戻る。午前8時～午前2時の稼働である。平均して1日に5回の電池交換を行った。

(3) タクシー（業務車）とEVの親和性

1) コストメリット：ベタープレイスがタクシーを実証実験に選んだ理由は、①タクシーという過酷なクルマの使用条件でも安全性に問題がないことを検証するため、②都内を走るタクシーは、一般的に平均5km前後の短距離の移動を重ね、1日に計約300kmを走る。こうした用途では、航続距離を伸ばすよりも充電時間を短縮することが重要であるため、③タクシー車両は車種が比較的統一されており、今後バッテリー交換式に応用しやすい、④東京で走る乗用車のうち、タクシーは台数ベースで2%（6万台）に過ぎないが、CO₂排出量では20%を占めるため、EV化のメリットが大きい、などを理由に挙げている。そのうえで「タクシーの運行効率の低下に直結する長時間の停車をせずに1日300kmを走行するには、電池交換方式しかない」と結論付けている。

日本交通は、ベタープレイスの実証実験に参画した理由について3点を挙げている。1番目が、「EV化によってタクシーの事業運営費を変革できる可能性」である。一般的に、タクシーの運賃は国土交通大臣による認可制であり、燃料代、人件費などタクシー事業の経営に必要な全ての費用を合計し、そこに適正な利潤を加えた「総括原価」に見合うように決められる。言い換えれば、すべての事業コストの上に一定の利益を上乗せした金額が、タクシー料金収入に等しくなるように設定される。ただし、5～10%というような大きな利益率は上乗せできず、現実には3%程度に設定されており、日本交通の初乗り料金は2km710円である。つまり、コストが増えれば乗車料金の引き上げに直結する。日本交通によれば全コストに占める燃料費（LPG）の割合は現在6.5%程度だが、今回の実験に参加を検討していた2年前は、原油高に比例してLPGも高値の時期だったため、燃料コストは7.7%～7.8%を占めていた。このため、EVタクシーは安定的な燃料コスト削減を実現できる可能性があると判断した、という。

2) 環境面でのメリット（略）

3) リスク吸収の見通し：3番目の理由は、EVという発展途上の技術を実際のタクシー業務に導入するに当たって、日本交通では規模の点でリスクを吸収できると判断したためである。日本交通は3000台のタクシーを都内で運行する大手であり、仮に、3台でトラブル、不具合が発生しても他の多くの車両でカバーができる。タクシー業界は保有台数が50～100台の中小事業者が9割を占めており、例えば50台の規模の事業者が3台をEV化するのはリスクが高い、と言える。

4) タクシー事業とEVの親和性の検討：次に、タクシー事業とEVの親和性について検討する。ベタープレイスが実験に使ったEVは、電池交換のほか、100V・200V電源からの充電、急速充電器からの充電の3方式の充電方法がある。100Vコンセントからの充電では、満充電まで15～16時間、200Vで7～8時間、急速充電器では30分で80%を充電できる。ただ、当然ながら充電中はタクシーを走行できないため、車の稼働時間（営業時間）が収益に直結するタクシー事業では、充電時間は効率的な車両の活用で大きなロスとなる。この点、交換方式なら交換に要する時間は1分程度しかなく、効率的な車両の利用ができる強みがある。現在、日本交通を含めた全タクシーが利用するLPGの充填スタンドは東京23区内に100か所ある。業務用車は、定期的にステーションに帰れるので、充電も都合がよいことは既に指摘し

たが、ベター社では実験の結果を踏まえ、BSSが23区内に3～4か所があれば流しでの運用も可能と判断している。また、タクシーは車種が同じ車両を使うことが多いのも、バッテリー交換式に適しているとされる理由である。

(4) 電池交換式のメリット・デメリット

以上を踏まえ、**電池内蔵式と交換式のメリットを比較すれば、交換式の方が、①充電の時間が早く、②利用者が電池をメンテナンスする必要がない、③車両価格が安くて済む、などが挙げられる(注)。**

4) 電池交換式に関連したコスト試算

ベタープレイスが実施した実験をベースに、一定のエリア内での固定式と交換式の大雑把なコスト比較を試みる。あくまで概算だが、仮にBSSの設置費5000万円、1か所のBSSに備蓄する蓄電池を10個、EVに搭載される蓄電池が1個100万円、急速充電器の価格を1基300万円(※GSユアサが2010年7月に発売した「EVC-50KA」が320万円)、1件の工事費を概算で100万円と想定した。

〈BSSを10か所に設置するコスト〉設置費5000万×10か所=5億円

〈常備する蓄電池のコスト〉電池代100万×10個×10か所=1億円

〈急速充電器を100か所に設置するコスト〉充電器300万・工事費100万×100か所=4億円

となり、充電のためのインフラ整備には、さほど大きな初期投資は必要ない。

4. 交通需要論・マーケット論

(1) 実際の交通需要とは

一定範囲内の充電設備の普及や、EVの運用方法を工夫することで、蓄電池の性能に伴う航続距離の問題は克服することが可能になる。ベタープレイスのEVタクシーが営業運転で大きな支障をきたしていないという事例もある。つまり、中小メーカーが生産するような航続距離が比較的短いEVでも市場に受け入れられる可能性はある、とも言える。しかも業務用車は、定期的にステーションに帰れるので、充電も都合がよい。したがって、上記と同じくタクシーの分析が重要となる。

(2) 富士タクシーの事例から

1) 運行実績: 紹介した富士タクシーの運行実績を元に、実際の交通需要に対してEVの走行性能がどれほど対応できるかについて、さらに検討を加える。富士タクシーの使う車両は、大手自動車メーカーである。

筆者は、富士タクシーの「EVタクシー」について、2010年2月から8月まで7か月間の走行データを分析した。説明した通り、1日に200km以上を給油なしに走行できる一般的なLPGタクシーと比べ、EVの航続距離は大きく劣ることから、富士タクシーは電池切れ(GVの「ガス欠」に相当)を避ける手段として、①利用者からの配車依頼を受け、目的地を確認してから出車し、②顧客を乗せ、目的地まで送れば、原則として車庫(本社)に戻り、帰路は「回送」で営業運転は行わない、③車庫に戻れば充電して次の出庫を待つ、という営業スタイルを取っている。富士タクシーの走行データによれば、車庫を出てから車庫に戻るまでの走行距離(以下、1出庫当たりの走行距離)の平均値は7.7kmだった。これは乗客を目的地に送った後、乗客を乗せずに「回送」で戻ってくる帰路を含めた距離である。1車庫当たりの走行距離のうち、同様に実際に顧客を乗せて走った1回当たりの走行距離(実車距離)は、平均3.2kmであった。

2) 一般のLPGタクシーとの比較: 国土交通省が調査した全国のタクシーの2008年の輸送実績によれば、全国のタクシーの平均実車距離は3.8kmである。

(3) 平均的なGVの走行距離とEVの性能

続いて、日常での実際の自動車の使われ方を記すデータから、「航続距離が短いEV」の普及可能性を考える。2005年度の国土交通省の道路交通センサス（全国道路・街路交通情勢調査）のOD調査によれば、乗用車1日あたりの走行距離分布は、調査した全車両数（n=116万台）のうち、「10～20km未満」の比率が平日で53.7%、休日で51.2%を占めている。

乗用車でも営業用車両では1日当たりの走行距離は200kmを超えるが、自家用の乗用車や軽自動車では平均値は大幅に下がり、軽乗用車で1日当たり25.4km、乗用車で33.5km（いずれも2005年）である。

別の調査でもこうした傾向は裏づけられる。東京電力の調査では、東京電力管内の乗用車で1日あたりの走行距離は平日で92%超、休日で82%超が50km以内となっている。同様に、1回当たりの走行距離では、20km以内が平日で70%程度、休日で50%程度となっている。

以上のようなデータからは、一定程度の充電設備が普及すれば走行性能を補完し、理屈の上では1回で「20～30kmを走行」「2人乗車」を満たすEVであれば、平均的な1日当たりの走行距離の過半数をカバーできることになる。GVの場合、一般的な乗用車の燃料タンク容量が30リットル程度であり、ガソリン1リットルあたりの実際の燃費が10kmとすれば、航続距離は300kmに上るため、時には長距離のドライブをするという使い方を含めてあらゆる走行シーンに対応ができることが強みである。

しかしながら、自動車の実際の利用目的では、買い物、通勤・通学の頻度が圧倒的に高く、上記のような現実の交通需要に基づけば、利用範囲や用途を限定することで長い航続距離を目的とした高性能の電池は必ずしも必要とは言えなくなってくる。また交換論を前提にすると、電池の性能差も大きな差別化の要因とはならなくなる。このため中小企業に製造できる限定的な性能のEVでも活用の余地が生まれる可能性がある。

「第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査報告書」（1992）の目的別の移動距離の構成比をみても、出勤では長距離移動の構成比が高いものの、業務や自由（買い物などを含む）では30km以内が圧倒的に多くなっている。実際に、京都府の学研都市などで、小型のEVを高齢者の在宅訪問サービスに活用するなど、限られた範囲で利用できないか実証実験が行われているケースもあり、コミューターカー（シティカー）の活用が模索されている。

小型のEVがもたらすメリットについては、岩崎他（1998）でも、今後、女性や高齢ドライバーの増加で短距離移動の増加傾向が強まっていくとしたうえで、実際の車の利用で大部分を占める短距離移動で日常利用に特化した必要十分な性能の車を用いることで、排出ガスの抑制など、環境負荷を軽減する効果も見込めると指摘している。また、幅が軽自動車並に狭く、全長が普通乗用車の半分程度の小型のEVの場合、駐車場のスペース効率が2.6倍になるとしており、短距離は小型のEV、長距離は大きめの保有車などと用途に応じた使い方を提案している。

（4）業務利用の可能性 —ヤマト運輸の事例から（略）

5. 小括

大手メーカーが指向しているのは、既存のガソリンエンジン車と同等の性能を目指した、ハイスペックなEVが中心だと指摘してきた。それを可能にするのは、リチウムイオン電池などの蓄電池であり、大手メーカーは蓄電池を重視した事業戦略を採っている。

ただ、産業史で電池そのものの性能が、電機・電子製品の付加価値や差別化の要因になりえた例はほとんど存在しない。最終的に、付加価値や差別化の要因は、製品自体の性能やデザインの優劣などに帰することが多い。そうすると、電池の性能に固執し、電池を内製化あるいは特定の提携先から独占調達する重要性は、

中長期的な視野に立てばそれほど高くない可能性がある。

また、EVを広く普及させるためには、一般の消費者に手の届くようなコストの安さも重要であり、交換可能な電池をレンタルする方式などを採用することで低価格化は可能になる。内燃機関を使ったGVは、燃料を満タンにすれば300km、400kmといった航続距離が可能になる。ハイブリッドカーであれば、さらに航続距離は長い。だが、このような長距離を移動するだけのニーズが、どれほどあるだろうか。本節3項の需要論で考察した通り、実際の交通需要に基づく限り、ある程度の充電設備が普及すれば1台当たりの航続距離はさほど問題にならなくなる。

【注】 ベタープレイス社が2009年に電池交換式EVのイベント来場者（n=2883）を対象に実施したアンケートによれば、「バッテリー交換はガソリン給油よりも早い」と認識しているのが98%、もしEVを購入するなら、バッテリー交換式とバッテリー内蔵式（従来のEV）のどちらを選ぶかとの設問に対して、交換式を選択したのが80%で、理由は「バッテリーの劣化を気にする必要がない」「充電時間を気にする必要がない」「イニシャルコストの低減（バッテリーコストを抜いた自動車価格になる）」「交換・充電両方の選択肢があるから」などだった。

第七章. EV革命における日本の問題点

1. 日本経済の大黒柱である自動車産業の位置付け

自動車産業は車両の製造・販売だけでなく、例えばGVは2万～3万点の部品から構成されるなど、主要な材料、部品は多種多様にわたる。そして関係資材や整備など、広範にわたる関連産業を持つ総合産業であり、日本の基幹産業である。日本自動車工業会の推計では、国内の全就業人口6376万人のうち、自動車関連の就業人口は515万人であり、8.1%を占める。日本で生産される全ての工業製品の中で、出荷額が大きいトップ3は、「普通乗用車」（9兆4000億円）、「その他自動車部品」（6兆9000億円）、「駆動・伝導・操縦装置部品」（6兆1000億円）となっており、いずれも自動車・関連製品が占めている。このように自動車産業は日本経済の大黒柱といっても過言ではない。その日本の自動車産業がGVからEVに移るときに、産業競争力を失うことになれば日本は非常に大きな雇用と所得を失いかねない。その可能性が高いことを考察する。

2. モジュール化に対抗できるか？

日本の自動車産業はこのように現在でも揺るぎない基幹産業であると同時に、現在も諸外国に対して競争優位を保っている産業である。では、日本の自動車産業の、諸外国に対する強みとは一体何だろうか。

（1）藤本の「モジュラー型」「擦り合わせ型」理論

藤本（2003）は、戦後の日本で自動車産業が競争力を保った要因を、製品や工程のアーキテクチャ」の概念を用いて説明した。アーキテクチャとは、どのようにして製品を構成部品や工程に分割し、そこに製品機能を配分し、それによって必要となる部品間・工程間のインターフェースをいかに設計・調整するかという設計思想のことである。藤本は、製品アーキテクチャの代表的な例として「モジュラー型」（組み合わせ型）と「インテグラル型」（擦り合わせ型）に区別し、さらに「オープン（開）型」と「クローズ（閉）型」に区別した。

（2）日本の現在のGV産業は「擦り合わせ」「垂直統合」型に強み（略）

（3）EV産業は日本が強みを発揮しにくい「モジュール」「水平分業」型

では、今後の普及や関連産業の拡大が見込まれるEVではどうだろうか。前述した通り、蓄電池（二次電

池)とモーター、制御機器を基幹部品とするEVは構造が比較的単純で、部品点数はGVの3分の1とされ、モーターや蓄電池、配線、制御機器など、必要なパーツを調達し、組みあわせることで、比較的簡単に生産することが可能になる。こうしたEVの構造上の特色はモジュール化に適しており、複数の企業やグループが分業して生産を担う水平分業が可能である。これは、日本が比較優位を發揮できない構造である。言うまでもなく、水平分業型の産業の代表事例はパソコン産業であり、メモリーやハードディスク、液晶パネルなど、必要な個々のパーツを競合する複数の企業が供給し、コストや性能に見合う基幹部品を調達して組み立てることで、全体の技術をもたなくても製品供給が可能になる。格安のノートパソコンを販売している台湾のパソコンメーカーなどを中心に、こうした生産手法は広く採用され、現在のようなノートパソコンの低価格化にもつながっている。そもそも基幹部品(キーデバイス)の多くが電子部品であるEVの製造では、従来の自動車産業での「系列」以外の企業も、参入の余地が生まれてくる可能性が非常に高いと言える。そして「モジュール化」「水平分業化」が進行すれば、新規参入による競争激化や低価格化など、1990年代の日本のエレクトロニクス産業が直面した事態がEV産業においても起こりうると考えられる。

(4)「摺り合わせ技術」を發揮するには

次に、EV産業において日本企業が得意な摺り合わせ技術を生かせるかどうかを考察する。

かつて、日本が得意とした、超精密機構の部品で構成されたVTRや記録型DVD装置をはじめ、摺り合わせ型の典型と言われ続けた複合事務機(プリンターやファクスなどの複合機)などもキャッチアップ型の新興国に技術が伝播し、グローバル市場で日本企業は苦境に立たされている。

EVはエンジンや変速機など複雑な機構が不要で、発熱や震動、騒音の対策も大幅に軽減されるため、環境規制や燃費規制に対応させるための摺り合わせの技術領域は、大幅に縮小する可能性がある。これはすなわち、EVが自動車産業の中核を占めるようになった場合に、自動車産業の競争力を低下させることを意味する。さらに、近年の自動車産業では、自動車の要素技術の制御に対する組み込みソフトウェアの介在が増え、「自動車の電子化」が急速に進行している。小川(2010)は、「製品設計の深部にデジタル技術が介在することで生まれるのが基幹部品のインターフェースの形式知化であり、インターフェースを介し結合交差の飛躍的な拡大である」とし、規格がオープン化・国際標準化が進んだ場合には、技術蓄積が少なく、技術の全体系の一部しかもたないベンチャー企業でも、市場参入が可能になったと指摘している。モジュール化した水平分業型の製品の代表例であるパソコンや液晶テレビは、いずれも日本企業がかつて競争優位にあった産業分野である。だが、いずれも、海外メーカーがグローバル市場の様々なルートから調達した部品を組みあわせて生産コストの安いアジアなどで製品化することで価格競争力を高め、日本勢に攻勢をかけている。EV市場においても、日本のエレクトロニクス産業が直面したのと同様の産業構造の転換が、早い段階から顕在化する可能性があると言えるだろう。モジュール化で参入障壁が下がった産業は価格競争に陥りやすい。今後、EVの普及が予測されるなかで、日本の自動車産業・自動車業界がどのようにして比較優位性を構築していくか、どこに高付加価値化や差別化のポイントを見出すか、という事が問われているのではないだろうか。

3. 他産業の産業構造の転換史からの教訓(略)

第VI章. 新しい事業モデルの提案

1. 「2つのマーケット」論

これまでの検討で、大手自動車メーカーの手掛ける高性能なEVでなくても、実際の交通需要が満たせる

可能性が高く、低価格のEV普及余地も高いことが分かった。もちろん、消費者のブランド志向などを考えれば選択の基準は価格だけではない。「価格は高くても信頼できる日本の大手メーカー製が良い」という判断は何ら間違いではない。一方で、「性能は適度でも、日常の移動手段ならとりあえず安い方がいい」という消費者も多いだろう。軽自動車の市場の存在はそのことを示唆している。つまり、日本のEV市場には2つの市場が存在するということが言える。すなわち、A：大手メーカーが手掛けるような、従来のガソリン自動車に代替できることを目指した高性能・高価格モデルの市場と、B：新興や中小企業でも生産できる、性能は限定的ながら比較的安価なモデルの市場、である。筆者はこれを日本のEV市場のデュアル（2重）モデルと名付けた。大手自動車メーカーが生産する高性能なEVの価格が高くなるのは、繰り返し述べたように蓄電池の価格によるところが大きい。

2. 新たな戦略の提言

これまでの考察を踏まえて、大手・中小それぞれに、どのような事業戦略に可能性があるのかを考える。

1) デュアルモデル：ガソリン車と同様、大手自動車メーカーのブランド力に対して消費者が寄せる信頼は今後も付加価値となるため、多少価格が高くても現在のi-MiEVやリーフのような量産型のEVは大手自動車メーカーにとって中核となるだろう。またクルマの主役がGVからEVに移っても、スポーツカーや高級車など、いわば過剰とも言える性能・品質を備えた車両にも一定のニーズはあり、こうした需要に対しては、既存のガソリン自動車で培ったノウハウ・技術を生かせる部分も多いため、大手自動車メーカーの強みを発揮できるかもしれない。ただ既述したように、実際の交通需要を満たすためには、既存の量産EVほどの性能は必ずしも必要ではない。このため、量産の強みを生かして価格を抑えた廉価型EVも競争力を発揮できると考える。すなわち、大手メーカーの事業戦略では高性能と低価格を「両にらみ」にしたデュアルモデルを採用するべきではないだろうか。そこでは日本メーカーのブランド力が海外メーカーに対する優位性にもなるだろう。実際にトヨタ自動車は2010年11月、既存の2人乗りの小型乗用車「iQ」をベースにしたEVの試作車を公開し2012年に発売すると発表した。iQは全長3メートルの超小型車であり、iQを市販EVのベースにした理由について、トヨタは「都市部で短距離移動に使う顧客を想定した」としている。新型EVはリチウムイオン電池を採用し、充電時間は100Vで10時間、200Vで4時間で、注目すべきは公称値でもフル充電で105kmしか走らない事である。最高速度も時速125kmにとどまる。価格は他メーカーのEVより安く設定して競争力を高める方向で、日米欧で販売して年間数千台の販売を目指している。トヨタがスペックを追求せず、低価格指向のEVを打ち出してきたことは、筆者の推論に沿うものである。

2) 電池交換方式の採用：(略)

3) 技術指向（デザイン、制御など）：(略)

以上 1) から 3) を踏まえた新たな事業モデルを、脱電池モデルとして図4に示した。

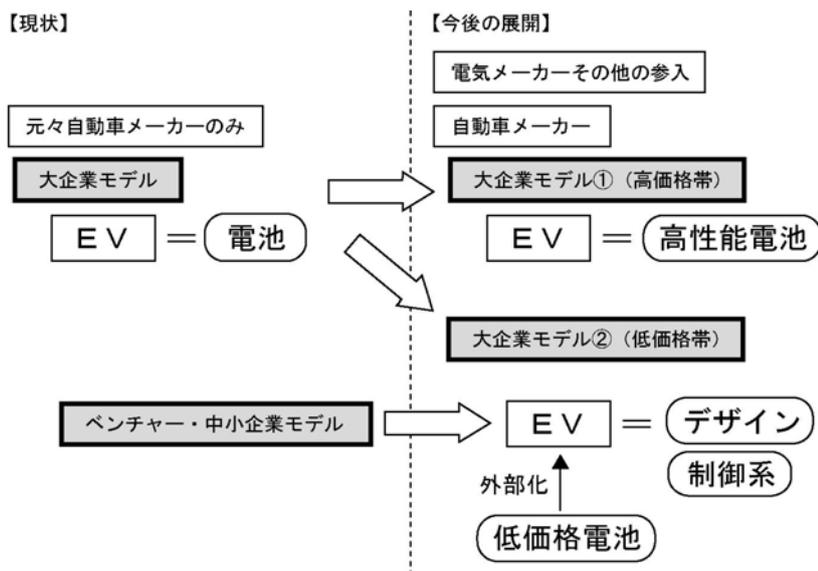


図4：脱電池モデルの概念図

第Ⅷ章 日本の戦略

(戦略1) 電池の高度化＝正攻法

EVの世界的な普及を見据えれば、基幹部品である蓄電池の需要は飛躍的に高まることは間違いない。海外メーカーがキャッチアップしているとはいえ、日本企業は依然としてリチウムイオン電池を中心とした蓄電池の技術で競争力を持っており、どこまでこうした優位性を保つことができるかが1つの焦点となる。

ポイントになるのは、電池技術のさらなる高度化だろう。91年にソニーが実用化したリチウムイオン電池は大きな技術革新となり、EVを実用化に導く原動力となった。しかし、言い換えれば、現在に至るまでその後の革新的な電池技術は生まれていないのである。業界内では「ポストリチウムイオン電池もリチウムイオン電池」といわれているほど、当面はリチウムイオンの時代が続くとみられている。だが、大きな技術革新が起こればリチウムイオンの優位性は一気に崩れることになる。官民を挙げ、次の革新的技術を生み出すことは、日本の産業界にとって大きな課題であり、まずは最優先すべき正攻法の戦略と言えるだろう。

(戦略2) 制御系・インフラの高度化

中小・新興企業のビジネスモデルの推進が1つの方向と指摘したが、EVの生産コストでは中国や韓国メーカーとの相当に厳しい競争が予想され、日本の自動車メーカーや部品メーカーがどこまで競争力を維持できるかは、不透明な部分もある。このため、EVという単体の製品にとらわれず、都市システムに組み込んで考えることは1つの大きな方向性だと考える。つまり、スマートシティのようにEVを都市の移動手段としてだけでなく、料金が安い夜間電力を蓄電池に貯め、昼間に送電網に戻すなど、EVがエネルギー循環に介在し、都市の電気設備の一部を担うことも可能になる。このように、EVを都市インフラの一部に組み込んだ全体のシステムを、様々な都市に応用できる「商品」と考える戦略も重要だろう。既に、大手商社の伊藤忠商事が主導し、2010年4月から茨城県つくば市でEVなどを活用した一連の都市システムやインフラ整備を、一括で自治体などに売り込という新たな動きも出ている。

また、日本は全地球測位システム(GPS)やカーナビゲーションシステムなどの技術で強みをもっている。まだまだ未来の話かもしれないが、こうした技術を都市の交通システムに連動させることで、例えば、行き先を登録すれば車が最短経路で勝手に運転してくれるシステム、事故を車が自動的に防いでくれるシス

テムなどを組み込んだ「未来の交通システム」が可能になるかもしれない。

（戦略3）デザインの高度化

光岡自動車とユアサM&Bのコラボレーションによる「雷駆」や、浜松市の Takayanagi による「ミルイラ」など、既にEV製作において、製品の独自性をデザインに置く事例は現れている。I章で述べたようにEVはレイアウトの自由度が高まるためにGVでは難しかった大胆なデザインも可能になるかもしれない。日本は家電製品や自動車など工業デザインの分野で積み上げた実績があり、デザイン製が重視されることを見据えた戦略も1つの方向と考える。

（戦略4）航空機産業等への進出

中長期的に見れば、EVへの移行に伴って自動車の構成部品が大きく変わるため、既存の自動車産業集積地への影響は避けられない。このため、産業構造の転換など新たな戦略が必要になる。愛知県は2009年に「航空宇宙産業振興ビジョン」を策定し、自動車産業に依存した中部経済圏の産業構造を変革する取り組みを始めている。既に中部地域には多くの航空機の機体メーカーや素材・部品メーカー、大学、研究機関などが集積しており、愛知と岐阜を中心として航空機の生産額では全国の約50%を占め、航空機体部品の生産シェアでは約70%を占めるなど（中部経済産業局2010）、既に国内航空機産業のメッカとなっている。2010年9月30日には、三菱航空機の国産旅客機「MRJ」の生産が名古屋市内で始まった。また、2011年度中にも宇宙航空研究開発機構（JAXA）、2012年度には名古屋大学が県営名古屋空港に研究拠点を開設する計画が進んでいる。今後は材料開発から飛行試験・開発・生産まで一貫して担える地域の強みを生かして航空宇宙産業の一層の振興を図る方向で、既存の自動車産業との相乗効果も視野に入れている。例えば、自動車に使われる複合材料の航空機への活用や、研究開発面での相互交流などによる技術波及も可能だろう。中部圏を中心に進んでいる航空産業など先端産業への転換は、将来的に既存の自動車産業が生き残る1つの方向を示すモデルとなるだろう。

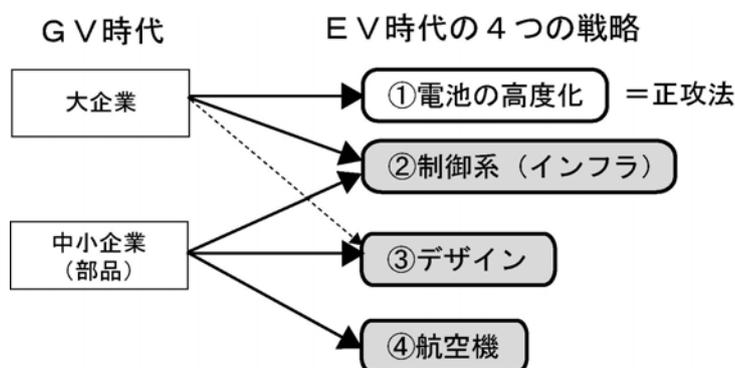


図5：EV時代4つの戦略（筆者作成）

【参考文献】

愛知県（2010）「あいちのものづくり」パンフレット。愛知県（2010）「愛知県航空宇宙産業振興ビジョン」。青木昌彦（2002）『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』経済産業研究所・経済政策レビュー。石田東生・後藤正也・久保田雅人（1993）「自動車の運行状況からみた低公害車の適用可能性」。ウェッジ（2010）「電気自動車で町おこしなんてうまくいくの？」『WEDGE』（2010年11月号）。植田浩史ほか（2006）『中小企業・ベンチャー企業論』有斐閣。エコノミスト（2020）「EV覇権」『週間エコノミスト』（2010年11月23日号）。大阪税関（2010）「リチウムイオン電池の輸出」。大阪府（2009）「エコカー普及戦略」。大阪府（2009）「大阪EVアクションプログラム」。大久保隆弘（2009）『「エンジンのないクルマ」が変える世界』日本経済新聞出版社。大久保隆弘（2010）『電池覇権』東洋経済。小川紘一（2010）「国際標準化が創るグローバル市場の経営環境と日本型の企業制度が抱える課題」『東京大学知的資産経営・総括寄付口座 I AMディスカッションペーパーシリーズ#011』。小倉庸敬（2010）『町工場のおやじ、電気自動車

に挑む』組立通信。川原英司ほか、日経 AutomotiveTechnology 編 (2009)『電気自動車が革新する企業戦略』日経 B P。環境省 (2009)『次世代自動車普及戦略』。京都府 (2010)「平成 23 年度版京都 E V ・ p H V 物語」パンフレット。経済産業省 (2006)『次世代自動車用電池の将来に向けた提言』。経済産業省 (2009)『「E V ・ p H V タウン」の選定結果について』。経済産業省 (2010a)『次世代自動車戦略 2010』。経済産業省 (2010b)「ここまで身近に！電気自動車」『経済産業ジャーナル』2010 年 3、4 月号。京阪神都市圏交通計画協議会 (1992)『第 3 回京阪神都市圏パーソントリップ調査報告書』。国土交通省 (2006)「道路交通センサス 平成 17 年度版」。小長谷一之 (1999)『マルチメディア都市の戦略』東洋経済新報社。小長谷一之 (2005)『都市経済再生のまちづくり』古今書院。塩沢由典・小長谷一之編 (2007)『創造都市への戦略』晃洋書房。塩沢由典・小長谷一之編 (2008)『まちづくりと創造都市』晃洋書房。塩沢由典・小長谷一之編 (2009)『まちづくりと創造都市 2』晃洋書房。渋谷邦男 (1999)『中小企業のカベを破る商品デザイン発想法』東京美術。高梨千賀子 (2010)「電気自動車業界におけるビジネスモデル インド REVA 社の事例」『立命館大学イノベーション・マネジメント研究センターディスカッションペーパーNo.010』。武田至弘 (2009)「新産業創造における企業間連携ネットワークとソーシャル・キャピタル (S C) 論 - 「新連携」を事例として -」『季刊経済研究』。武田至弘・村田和繁 (2009)「ネットワークと創造都市 (1) - 新産業振興」『まちづくりと創造都市 2』晃洋書房, pp.42-52。立見淳哉 (2008)「産業論・環境論と創造都市 (2)」『まちづくりと創造都市』晃洋書房, 2008 年, pp.28-38。中小企業研究センター (2010)『自動車産業にみる中小企業のパラダイムシフト』。中部経済産業局 (2010)『東海・北陸経済情報年報』。田中将介 (2010)『21 世紀型新産業』東洋経済新報社。帝国データバンク (2009)「電池産業の取引構造からみる関西リチウムイオン電池関連産業の分析 - 企業間取引情報のデータマイニングによる産業マップ化 -」。東京交通新聞社 (2010)「ハイヤー・タクシー年鑑 2010」。中島徳至 (2010)『ほんとうのエコカーをつくろう』日経 B P 社。長崎県 2010 年 7 月 3 日報道発表資料「E V 100 台パレードのギネス記録達成について」。日経 B P (2010)「韓流 E V で世界一に」『日経ビジネス』2010 年 6 月 21 日号。日本自動車研究所 (2009)「プラグインハイブリッド車の動向と可能性について」。日本政策投資銀行 (2010a)「バッテリースーパークラスターへの展開 - 電池とそのユーザー産業の国際競争力向上へ向けて -」。日本政策投資銀行 (2010b)「電池でつながる関西・東海 - 電池産業の特徴と発展へのヒント -」。日本電気協会 (2010)「電気自動車普及拡大へ向けた展望と課題」『電気協会報』2010 年 8 月号。日本立地センター (2010)「次世代自動車産業と地域産業振興」『産業立地』2010 年 7 月号。野村総合研究所 2010 年 3 月 15 日付ニュースリリース「2020 年までのエコカー販売市場を展望」。毎日新聞社 (2010)「電気自動車大ブレイク」『週刊エコノミスト』2010 年 3 月 23 日号。藤本隆宏 (2003)『能力構築競争 - 日本の自動車産業はなぜ強いのか』中公新書。藤本隆宏・東京大学 21 世紀 C O E ものづくり経営研究センター (2007)『ものづくり経営学 ~ 製造業を超える生産思想』光文社新書。本間裕大 (2010)「E V バッテリー交換ステーションにおける安全在庫モデル」。三菱総合研究所 (2006)『日本産業読本』東洋経済新報社。御堀直嗣 (2010)『知らなきヤバイ！電気自動車は新たな市場をつくれるか』日刊工業新聞社。三宅隆政 (2007)「創造都市への産業戦略 - ロボット産業」塩沢由典・小長谷一之編『創造都市への戦略』晃洋書房。村沢義久 (2009)『日本経済の勝ち方 太陽エネルギー革命』文春新書。森本雅之 (2009)『電気自動車 電気とモーターで動く「クルマ」のしくみ』森北出版。ヤマト運輸 2010 年 10 月 14 日報道発表資料「軽商用電気自動車の集配実証走行試験の開始について」。C.C.Chan/南繁行 (2009)『電気自動車の実像 EV/HEV/FCV の最新技術とその将来展望』ユニオンプレス。ジェフェリー・ムーア (2006)『ライフサイクルイノベーション』翔泳社。マイケル・E・ポーター (2000)『日本の競争戦略』ダイヤモンド社。ローランド・ベルガー オートモーティブ・コンピタンス・センター (2008)『自動車部品産業これから起こる 7 つの大潮流』日経 B P。

(新聞記事) 日本経済新聞 2010 年 10 月 21、22 日朝刊「ガソリンスタンド止まらぬ淘汰」。毎日新聞 2010 年 9 月 8 日朝刊長崎版。読売新聞 2010 年 3 月 3 日朝刊「エネルギー新時代」。読売新聞 2010 年 5 月 22 日朝刊。読売新聞 2010 年 10 月 26 日朝刊。読売新聞 2010 年 12 月 9 日朝刊。

(ウェブサイト) 愛媛県 E V 開発センター。大阪税関。大阪府。関西電力。京都府。ゼロスポーツ、C T & T、T a k a y a n a g i、タケオカ自動車工芸、テスラ、長崎県、長崎エビッツプロジェクトホーム、日産自動車、日本 E V クラブ、日本自動車工業会、ベタープレイス・ジャパン、三菱自動車、ヤマト運輸